

(19) Japanese Patent Office

(11) Laid-Open Japanese Patent Application (Kokai) Number:  
S52-129369

Unexamined Patent Application Gazette (A)

5 (43) Laid-Open Publication (Kokai) Date: October 29, 1977

(51) Int. Cl.<sup>2</sup> ID code (52) Japanese Classification JPO file  
number

H 01 J 43/20 99 B 3 6232-4

Request for examination: Not requested

10 Number of inventions: 2

(Total 7 pages)

(54) Title of the Invention: Dynode for a photomultiplier tube

(21) Application number: S52-45959

(22) Date of filing: April 22, 1977

15 Priority claim

(31) 679339

(32) January 22, 1976

(33) USA

(31) 761911

20 (32) April 22, 1977

(33) USA

(72) Inventor: John Joseph Morales

62, Dogwood Drive, Huntington, Connecticut, USA

(71) Applicant: SRC Laboratories Incorporated

25 1525, Kings Highway, Fairfield, Connecticut, USA

(74) Representative: Takehiko Suzue, Patent attorney (and one other)

BEST AVAILABLE COPY

Specification

1. Title of the invention

Dynode for a photomultiplier tube

2. Claims

(1) A dynode for a photomultiplier tube, comprising a plurality of annular elements having different diameters; support means having substantially the same height as the annular elements, arranged substantially on the same plane as the annular elements, for holding the annular elements concentrically about the central axis of the annular elements; connecting means for electrically interconnecting said annular elements; and electron emission means provided on at least one face of each of said annular elements.

(2) The dynode for a photomultiplier tube according to claim 1, wherein said support means comprise at least one metallic strip connected to each said annular element and acting also as the connecting means, the mutual spacing between said annular elements being substantially constant.

(3) The dynode for a photomultiplier tube according to claim 2, wherein said annular elements have mutually parallel surfaces.

(4) The dynode for a photomultiplier tube according to claim 3, wherein the mutually parallel surfaces of said annular elements are perpendicular to the central axis of the annular elements.

(5) The dynode for a photomultiplier tube according to claim 3, wherein the mutually parallel surfaces of said annular elements are parallel to the central axis of the annular elements.

5 (6) The dynode for a photomultiplier tube according to claim 3, wherein the mutually parallel surfaces of said annular elements form a predetermined tilt angle with respect to the central axis of the annular elements, each annular element being shaped as a truncated cone.

(7) The dynode for a photomultiplier tube according to claim 2, further comprising a base, wherein this base, said metallic strips and said annular elements are electrically conductive and are formed as a single unit.

10 (8) The dynode for a photomultiplier tube according to claim 2, wherein said annular elements are made of a thin metal plate, and said support means are formed by a pair of mutually intersecting metallic strips connected to each said annular element.

15 (9) A photomultiplier tube comprising at least one dynode having a plurality of annular elements having different diameters, support means having substantially the same height as the annular elements, arranged substantially on the same plane as the annular elements, for holding the annular elements concentrically about the central axis of the annular elements, and electron emission means provided on at least one face of each of said annular elements; an anode; and a cathode; wherein said at least one dynode is arranged nearest to said cathode [than other dynodes].

20 (10) The photomultiplier tube according to claim 9, wherein said dynode is provided in a plurality, and dynodes in which said annular elements have surfaces converging towards said central axis and dynodes in which said annular elements have surfaces diverging

from said central axis are alternately arranged between said cathode and said anode.

⑨日本国特許庁  
公開特許公報

⑩特許出願公開  
昭52—129369

⑤Int. Cl.  
H 01 J 43/20

識別記号

⑥日本分類  
99 B 3

庁内整理番号  
6232—54

④公開 昭和52年(1977)10月29日

発明の数 2  
審査請求 未請求

(全 7 頁)

④光電子増倍管用ダイノード

②特 願 昭52—45959

②出 願 昭52(1977)4月22日

優先権主張 ③1976年4月22日③アメリカ国  
①679339

③1977年1月24日③アメリカ国  
①761911

⑦発 明 者 ジョン・ジョセフ・モラリーズ

アメリカ合衆国コネチカット州  
ハンチントン・ドッグウッド・  
ドライブ62

⑦出 願 人 エス・アール・シー・ラボラト  
リーズ・インコーポレーテッド  
アメリカ合衆国コネチカット州  
フェアフィールド・キングズ  
・ハイウエー1525

⑦代 理 人 弁理士 鈴江武彦 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

光電子増倍管用ダイノード

2. 特許請求の範囲

(1) 異なつた径をもつ複数の環状エレメントと、この環状エレメントと実質的に同じ高さをもち、この環状エレメントと実質的に同一平面上に配置され、かつこれらの環状エレメントの中心軸に対してこれらの環状エレメントを同心円上に保持するための支持手段と、前記環状エレメントを相互に電氣的に結合する結合手段と、前記各環状エレメントの少なくとも一表面上に設けられた電子放射手段とを備えた光電子増倍管用ダイノード。

(2) 前記支持手段は前記各環状エレメントに結合され、かつ前記結合手段としても作用する少なくとも1枚の金属ストリップにより構成され前記環状エレメント相互の間隔は実質的に一定であるところの特許請求の範囲第1項記載の光電子増倍管用ダイノード。

(3) 前記環状エレメントは相互に平行な表面をもつところの特許請求の範囲第2項記載の光電子増倍管用ダイノード。

(4) 前記環状エレメントの相互に平行な表面はこれらの環状エレメントの中心軸に対して直交するところの特許請求の範囲第3項記載の光電子増倍管用ダイノード。

(5) 前記環状エレメントの相互に平行な表面はこれらの環状エレメントの中心軸に対して平行であるところの特許請求の範囲第3項記載の光電子増倍管用ダイノード。

(6) 前記環状エレメントの相互に平行な表面はこれらの環状エレメントの中心軸に対して所定の傾斜角度を成し、各環状エレメントが円錐台形状に形成されているところの特許請求の範囲第3項記載の光電子増倍管用ダイノード。

(7) 更に基台を備え、この基台、前記金属ストリップおよび環状エレメントは導電性をもち、かつ一体的に形成されているところの特許請求の範囲第2項記載の光電子増倍管用ダイノード。

FP04-
0144-0060-HP
04.9.-7
SEARCH REPORT

(8) 前記環状エレメントは薄い金属プレートにより構成され、前記支持手段は前記各環状エレメントに結合され、かつ相互に交差する一対の金属ストリップにより形成されているところの特許請求の範囲第2項記載の光電子増倍管用ダイノード。

(9) 異つた径をもつ複数の環状エレメント、この環状エレメントと実質的に同じ高さをもち、この環状エレメントと実質的に同一平面上に配設され、かつこれらの環状エレメントの中心軸に対してこれらの環状エレメントを同心円上に保持するための支持手段、および前記各環状エレメントの少なくとも一表面上に設けられた電子放射手段を有するところの少なくとも1個のダイノードと、アノードと、カソードとを備え、前記少なくとも1個のダイノードは前記カソードに対して最も近い位置に配置されているところの光電子増倍管。

(10) 前記ダイノードは複数個設けられ、前記環状エレメントが前記中心軸に対して収束する

表面をもつように構成されたダイノードと、前記環状エレメントが前記中心軸に対して拡散する表面をもつように構成されたダイノードが前記カソードおよびアノード間において交互に配置されているところの特許請求の範囲第9項記載の光電子増倍管。

### 3. 発明の詳細な説明

この発明は光電子増倍管に関する。

一般に、光電子増倍管としては、単段式のもの多段式のものがある。例えば、米国特許明細第(第3959680)に示されるように、複数の電子増幅段を備えた光電子増倍管が知られている。ダイノードと呼ばれる増幅段は前段との電位差によりこの前段から放射される電子を受入し、電子放射面からより多くの電子を放出する。この放出電子は次段において集められ増幅される。初段は検出すべきエネルギー、例えば光線、粒子エネルギーを受けるカソードからの電子を受取る。

理想状態においては、カソードからの各電子

3

はアノードにおいて収束された所定数の電子に置換えられる。このためには、ある増幅段に突入したすべての電子により、この増幅段から各入力電子に対して同数の電子を発生させ、これらの放射電子をすべて次の増幅段に突入させることが必要とされる。しかし、次段に突入する電子の数はこの次段の位置に対する放射角により左右されてしまう。従来の光電子増倍管においては、この増倍管内において、一様な増幅率が得られない。

この発明の目的は安定な動作特性をもつ光電子増倍管を提供するための光電子増倍管用ダイノードを提供することである。

この発明の目的は前段のアノードからの電子が高率で後段のアノードに突入するようにした光電子増倍管を提供することである。

この発明の一実施例においては、薄い金属シートにより構成された複数の円形エレメントをもつダイノードが提供される。これらのエレメントは相互に同じ高さ、角度をもつて配設され、

5

4

相互に異なつた直径をもち同軸的に配置されている。これらのエレメントは電子放射角により被覆されている。

このようなダイノードを複数個使用して光電子増倍管を構成することが可能である。この場合、例えば第1ダイノードは切頭円錐状円筒形エレメントにより形成される。例えば、このエレメントはカソードからアノード方向においてこの増倍管の中心軸から離反するように形成され、第2ダイノードは逆にアノード方向において中心軸に接近するように形成されている。更に第3ダイノードが設けられる場合には、この第3ダイノードは前記第1ダイノードと対称に配設される。従つて複数のダイノードを使用した場合、ダイノードは中心軸に対し、離反、接近を繰り返す。単一のダイノードにより光電子増倍管を構成する場合、このダイノードとして前記第1ダイノードを使用すると良い。

以下、図面を参照してこの発明の一実施例に係る光電子増倍管用ダイノードを説明する。

第1図にこの発明の一実施例に係るダイノード11により構成した光電子増倍管10を示す。この光電子増倍管10は検出すべき光線または粒子エネルギーを受けて、この入力エネルギーに応じて電子を発生するカソード12を備えている。このカソード12からの電子はダイノード11に突入し、増倍され更に後続のダイノードにより増倍される。この増倍された電子はアノード13により収集され、カソード12に受入されたエネルギー量を表わす電気信号がこのアノード13から発生される。増倍管10のダイノードは板すだれ状に配列されている。

ダイノード11は相互に交差する一対の薄い支持プレート15および16をもつ基板14を備えている。このプレート15および16は基板14上において、複数の中空円錐台形状エレメント17を支持している。これらのエレメント17は第1図に示されるようにほぼ等しい高さをもち、増倍管10の中心軸に対して等間隔をおいて配置される。このエレメント17は例え

7

ばダイノード18の対応する円錐台形体よりも大きめの径をもつように構成されていることである。また拡散型ダイノード18の最小の円錐台形体の上部は頂点24を形成しているが、収束型ダイノード22の最小の円錐台形体の上部は開口部23を形成している。

後続のダイノードはこの拡散型ダイノード18および収束型ダイノード22の繰返しである。すなわち、ダイノード25および26はそれぞれダイノード18および22と同様に構成されたものである。必要に応じて、第1ダイノード18を収束型ダイノードとして構成することも可能である。

収束型ダイノードの太径部がそれぞれ真上の拡散型ダイノードの太径部間の中央に位置するように、これらのダイノードを配列すると良い。また収束型ダイノードの小径部はそれぞれ次段の拡散型ダイノードの小径部間の中央に位置するようにダイノードを配列すると良い。これにより、収束型ダイノードの太径部は拡散型ダイ

ノードの太径部により被覆された金属シートにより形成されており、突入してきた電子により、複数の電子を放射するものである。これらの放射電子は次段のダイノードに突入する。勿論、金属シート自体に電子放射性がある場合には電子放射性材料を被覆する必要はない。

1個のダイノードを使用して増倍管を構成することも可能だが、ここでは複数のダイノードを使用した場合を説明する。第4図に示されるように、第1の中空円錐台形状ダイノード18は、増倍管10の中心軸19に対してアノード方向において徐々に広がるように配置されている。すなわち、ダイノード18のアノード側端部20はカソード側端部21よりも、中心軸19から離れている。次段のダイノード22はダイノード18とは逆の位置関係で配置されている。すなわち、ダイノード22のアノード側端部はカソード側端部よりも中心軸19に接近している。ここで注意すべきことは、収束型ダイノード22の各円錐台形体は拡散型ダイノード

8

の太径部よりわずかに外側に位置することになる。一般的には、電子は増倍管10の中心軸に沿って運動するが、中にはこの中心軸に対しある角度方向、例えば直角方向に運動するものもある。これは、カソードおよびダイノードから放射される電子の運動にあてはまることである。この発明においては、電子が突入する面を適当に配置することにより横方向に運動する電子の影響を最小に抑えてある。第5図は中空円錐台形状ダイノード27の平面図を示し、矢印28、29および30は電子が通過する可能性のある通路を概略的に示すものである。この図から明らかなように、いずれの通路を通過する場合でも、電子はダイノード表面を打つことになる。

第6図は従来から使用されている板すだれ状ダイノード31を示し、矢印28'、29'および30'は電子の通過路を示す。通路30'を通過する電子はダイノード表面を確実な打つ。また通路28'を通過する電子もダイノード表面を打つ

であろう。しかし、通路2d'を通過する電子の中にはダイノード表面に突入しないものもある。このように、電子がダイノード表面を適切に打たないで通過してしまう可能性に応じて、この増倍管の再現性および精度を低下させてしまうことになる。この影響は電子がカソードから放射され第1ダイノードに突入する場合に顕著である。また第1ダイノードがカソードに近い位置に配置されている場合には、電子の横方向の運動がより大きく現われる。

ダイノード表面に電子が衝突すると、このダイノード表面に対して直角方向に電子が放出されるが、中には横方向に放出されるものもある。これらの電子は中心軸に対して、離反または接近する方向に運動する。中心軸から離反する方向に運動する電子は中心軸より更に離れた位置において次段のダイノードに突入し、ここで放出される電子の中にも更に中心軸から離反する方向に運動するものがある。このように、カソードからの電子より遠い通路を通過する電子は

11

ている。これらのダイノードおよびアノードは電源118に結合され、一連のダイノードおよびアノード間にはそれぞれ所定の電圧が印加される。カソード111に光線があてられると、このカソード111から一次電子が放出される。これらの一次電子は第1ダイノード114の表面に衝突し、この第1ダイノード114から二次電子を放射させる。この二次電子は第2ダイノード115に対して一次電子として作用し、この第2ダイノード115に衝突して、二次電子を放射させる。こうして、各ダイノードにおいて一次電子の衝突に応じて二次電子が放出され、最終段のダイノードからの二次電子がアノード112に収集される。

こうしてアノード112において収集された電子は、カソード111に受入された光量と比例する大きさの電気信号をこのアノード112から発生させる。この場合、ダイノードと衝突しない一次電子があつたり、衝突しても二次電子が発生しないと、光量および電気信号の関係が歪め

更に中心軸より離れて、後段のダイノードに進むに従つて、より外側に広がり、最も外側の電子はダイノードに衝突することなく通過してしまうことになる。このような現象は特に従来の板すだれ状の単一ダイノードを使用した光電子増倍管においてよく発生する。円錐台形状のダイノードを使用して、横方向に運動する電子に対して曲面を提供することにより、電子を中心軸方向に指向し、電子の外方向への運動を抑えることが可能である。

上述の実施例においては、円錐台形状ダイノードは個別に形成されているが、複数のダイノードの少なくとも一部を合体して1つの金属シートにより構成することが可能である。

図7図ないし14図において、複数のダイノードをもつ光電子増倍管110が示されている。カソード111およびアノード112はこの増倍管110の中心軸113上に配置され、このカソードおよびアノード間には、複数の2次電子放射段すなわちダイノード114ないし117が配置され

12

られてしまうことになる。第1ダイノード114から放出される二次電子は後段のダイノードにより増倍されるので、このダイノード114からの二次電子の数は、他のダイノードからの二次電子の数よりもより大きな影響を前記光量および電気信号間の関係に与える。この二次電子の放出数はダイノードがアノードに近づくにつれて余り変動しなくなる。

図8図は点光源119に対して配置された3個の同種の光電子増倍管110a, 110bおよび110cの位置関係を示す。これらの増倍管が図示のように配置され、光源119が例えばカソードより上部の平面120上において、各増倍管から等距離の位置に配置されている場合、この光源119からの光線121a, 121bおよび121cが各増倍管の中心軸に向かつて進む。各増倍管は同じ光量を受入し、しかもこれらの増倍管は同様に構成されているので、各増倍管はアノードにおいて同じ電気信号を発生することになる。カソードに受入された光線により、このカソードから

13

14



電子が放出され、第1ダイノードの中心軸方向に指向される。これらの電子は中心軸と平行にまたはある角度をもつて進む成分を含んでいる。この中心軸に対してある角度をもつて進む成分は光線の受入ポイントが中心からはずれている場合に生ずる。このように、カソードに受入された光線の入射角により、カソードからの電子の運動が影響を受けることになる。従つてカソードからのエレクトロンが第1ダイノードに突入する角度も影響される。カソードからの電子が第1ダイノード114に突入すると、この第1ダイノードから二次電子が発生されるが、この二次電子の数は一次電子の入射角度により左右されてしまう。従つて、他の条件が同じであるとする、増倍管110a, 110bおよび110cから得られる電気信号は相互に異つたものになってしまう。

この発明においては、ダイノードは複数の直径の異なる円錐台形状エレメントにより構成されており、例えば第5図に示すように中心軸に

15

れた細い直線部127および127aを残して、完全に除去される。従つて、スロット125は環状のエレメント126および直線部127を残して形成されることになる。ダイノード124のすべての部分は、直線部127、基部128および環状エレメント126が一体的に形成されるように、1枚のプレートから作り出される。この基部128は電解腐食法、化学的エッチング処理等により除去される。

このように構成されたダイノード124の環状エレメント126は相互に等間隔をおいて配置され、この環状エレメントの側面はこのダイノードの中心軸113に対して所定の傾斜角度を成す。またこのダイノードは導電性材料により一体的に形成され得るので、基部128に結合することにより、このダイノード全体がこの電源118に結合されたことになる。直線部127および127aは開口部が設けられた中央部において交差している。この中央部の開口部は必要に応じて除去することも可能である。

17

直交する面内においてすべての角度方向に対して実質的には同一の入射角をもつて、電子はダイノード表面に突入することになる。一次電子の入射角度の変動を最小に抑えることにより、種々の角度方向からの入射電子により発生される二次電子の数の変動は最小に抑えられる。

第9図はこの発明の一実施例に係るダイノード124の下面図を示し、第10図は第9図を10-10線に沿つて切断して示す断面図である。このダイノード124は厚く固い材料、例えばベリリウム銅等の金属の上面に円錐台形状のスロット125, 125a, 125bを形成することにより構成される。これらのスロットはダイノード124において、同心的に配置された環状エレメント126, 126a, 126bおよび126cを残すように形成される。これらの環状エレメントは底部と一体的に形成されている。このダイノード124の底部は約1/100インチの厚さを持ち、最終的にはスロット125を貫通させるために除去される。この底部は基部129に一体的に結合さ

16

また基部128を直線部127と同じ厚さに形成したり、この基部128に環状エレメント126を取囲むフランジ129を形成するようにダイノード124を加工することも可能である。更に基部128に支持用の透孔を形成したり、別に支持枠を設けることが可能である。

第11図に示すダイノード140も平たんで、同心円上に配置され、かつ直線部127により支持された複数の円錐台形状エレメント141を備えている。しかし、このダイノード140は第10図に示したダイノードとは異なり、支持用直線部127方向において、中心軸に対して拡散するように形成されている。

第12図に示すダイノード150においては、円筒形エレメントの側面は中心軸に平行に形成されている。また、第13図に示すダイノード160においては、円筒形エレメントの主平面は中心軸に対して直角を成すように形成されている。

第14図に示すダイノード170においては、

18

各環状エレメントは中心軸113に対してそれぞれ拡散および収束する主平面をもつ。この環状エレメントは断面が三角形形状となるように示されているが、電解腐蝕法によりその他の形状、例えば参照符号171により示すように形成することも可能である。第11図の中央領域においても一部を除去することが可能である。

例えば1枚の金属シートをダイノード形状に加工した後に、電子放射材料がこのダイノード構造体において電子が突入すべき部分に被覆される。従つて、少なくとも1つの主平面に電子放射材料が被覆されることになる。

少なくとも初段のダイノードとして、この発明の実施例に基いたダイノードを使用すると有利である。後段のダイノードは初段のダイノードと同一構成でも良いし、別の構成でも良い。

環状エレメントは通過方向に対する入射角度の変動を減少させるが、この環状エレメントを多段に使用することにより、増倍管の中心軸に対する入射角度の変動を最小に抑えることが可

能となる。複数の環状エレメントを使用したからといって、単一段のダイノードを使用した場合に電子が示す進行方向への運動以外の運動をこの電子に与えるようなことはない。

更に上述したダイノードに適當なグリッドを設けることも可能である。

以上に説明したように、同心円上に配置され、かつ異なる半径をもつ複数の環状エレメントにより形成されたダイノードが提供されている。このダイノードにおいては、入射電子に対して放射される二次電子の数がほぼ一定に保たれる。また、これらの環状エレメントは縦横に延びる直線エレメントにより、中心軸と直角を成す平面上において、同心円上に保持される。収束型および拡散型ダイノードを交互に多段に配列することにより、放出された電子が後段のダイノードに突入する確率が向上される。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図はこの発明の一実施例に係るダイノードを初段に使用してある多段式光電子増倍管の

19

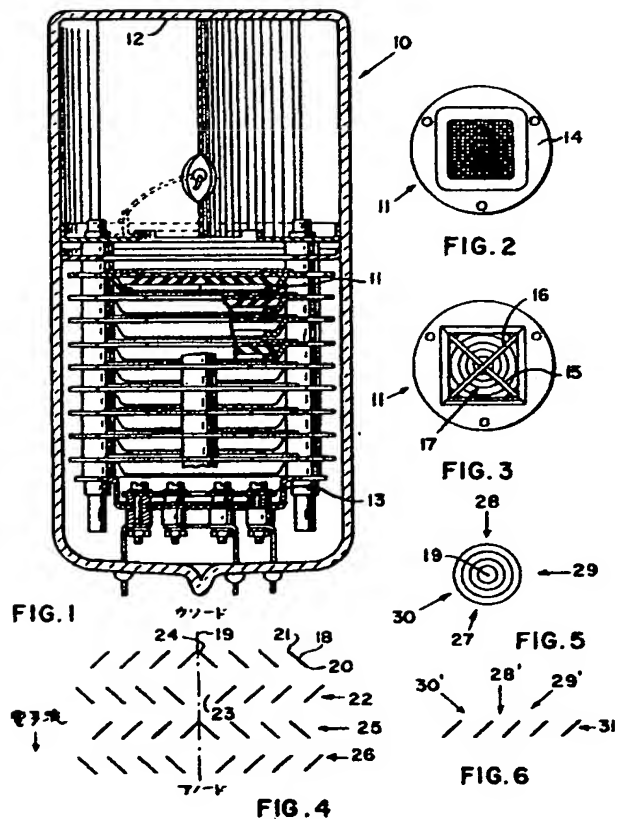
20

説明図、第2図は前記初段ダイノードの上面図、第3図は前記初段ダイノードの下面図、第4図多段に配置されたダイノードの配置説明図、第5図は前記ダイノードに対して考えられる電子の入射方向を示す説明図、第6図に従来の板すだれ状ダイノードに対して考えられる電子の入射方向を示す説明図、第7図は多段式光電子増倍管の概略図、第8図は点光源からの光線を検出するように配列された3個の光電子増倍管の配置関係説明図、第9図はこの発明の一実施例に係るダイノードの詳細な下面図、第10図は第9図を10-10線に沿つて切断して示す断面図、第11図をいし第14図はそれぞれ別の実施例に係るダイノードを第10図と同様に示す断面図である。

10…光電子増倍管、11…ダイノード、15、16…支持プレート、17…円錐台形状エレメント。

出版人代理人 弁理士 鈴 江 武 彦

21



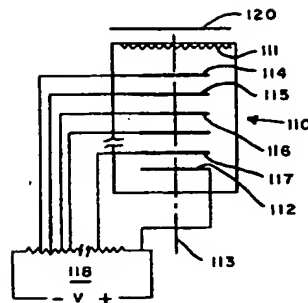


FIG. 7

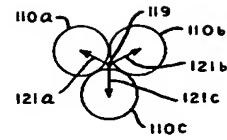


FIG. 8

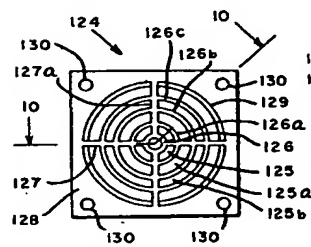


FIG. 9

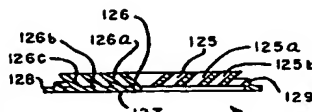


FIG. 10

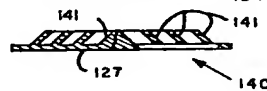


FIG. 11

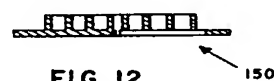


FIG. 12

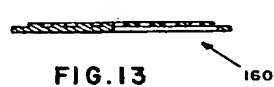


FIG. 13

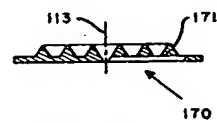


FIG. 14

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**